

**PENGARUH ION IMPLANTASI NITROGEN TERHADAP
SENYAWA YANG TERBENTUK, KEKERASAN DAN
KETAHANAN AUS PADA PERMUKAAN TITANIUM MURNI
KOMERSIAL**



**Disusun Sebagai Salah Satu Syarat Menyelesaikan Program Studi Strata I
Pada Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik**

Oleh:

NANANG PRIYONO

D 200 130 017

**PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SURAKARTA
2019**

HALAMAN PERSETUJUAN

**PENGARUH ION IMPLANTASI NITROGEN TERHADAP
SENYAWA YANG TERBENTUK, KEKERASAN DAN
KETAHANAN AUS PADA PERMUKAAN TITANIUM MURNI
KOMERSIAL**

PUBLIKASI ILMIAH

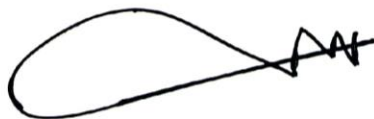
Oleh:

NANANG PRIYONO

D200130017

Telah diperiksa dan disetujui untuk diuji oleh:

**Dosen
Pembimbing**

A handwritten signature in black ink, consisting of a large loop followed by several sharp, angular strokes.

Agung Setyo Darmawan, ST, MT.

HALAMAN PENGESAHAN

**PENGARUH ION IMPLANTASI NITROGEN TERHADAP
SENYAWA YANG TERBENTUK, KEKERASAN DAN
KETAHANAN AUS PADA PERMUKAAN TITANIUM MURNI
KOMERSIAL**

OLEH :
NANANG PRIYONO
D200130017

Telah Dipertahankan di depan Dewan Penguji
Fakultas Teknik
Universitas Muhammadiyah Surakarta
Pada Hari Jum'at, 1 November 2019
dan dinyatakan telah memenuhi syarat

Dewan Penguji:

1. Agung Setyo Darmawan, ST, MT.
(Ketua Dewan Penguji)
2. Ir. Agus Hariyanto, M.T.
(Anggota I Dewan Penguji)
3. Marwan Effendy, ST.,MT.,Ph.D.
(Anggota II Dewan Penguji)

(.....)

(.....)

(.....)

Dekan,



Ir. H. Sri Sanarjono, M.T., Ph.D.
NIK. 682

PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa dalam publikasi ini tidak terdapat karya yang pernah diajukan untuk memperoleh gelar kesarjanaan di suatu perguruan tinggi dan sepanjang pengetahuan saya juga tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan orang lain, kecuali secara tertulis diacu dalam naskah dan disebutkan dalam daftar pustaka.

Apabila kelak terbukti ada ketidakbenaran dalam pernyataan saya di atas, maka akan saya pertanggungjawabkan sepenuhnya.

Surakarta, 8 November 2019

Penulis



NANANG PRIYONO

D200130017

PENGARUH ION IMPLANTASI NITROGEN TERHADAP SENYAWA YANG TERBENTUK, KEKERASAN DAN KETAHANAN AUS PADA PERMUKAAN TITANIUM MURNI KOMERSIAL

Abstrak

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh waktu terhadap senyawa yang terbentuk, kekerasan dan ketahanan aus pada permukaan titanium murni komersial. Dengan menggunakan alat implantasi ion, ion nitrogen diimplantasikan pada permukaan titanium murni komersial pada variasi waktu 60,75, 90, 105, 120 menit, dengan tegangan sebesar 60 keV dan arus sebesar 100 mA. Setelah proses ion implantasi kemudian dilakukan pengujian XRD, kekerasan dan keausan. Dari hasil pengujian didapat nilai kekerasan awal (raw material) 105,75 VHN, dengan proses ion implantasi optimum selama 90 menit naik menjadi 170,6 VHN. Pada uji kekerasan cross section titik yang paling mendekati permukaan memiliki kekerasan yang hampir sama dengan permukaannya dan mengalami penurunan kekerasan pada titik yang dibawahnya. Pada pengujian keausan yang awalnya sebesar $4,0148 \times 10^{-8}$ mm²/kg mengalami penurunan menjadi sebesar $1,78 \times 10^{-9}$ mm²/kg. Perubahan tersebut terjadi karena terbentuknya senyawa TiN pada permukaan titanium murni komersial setelah diproses ion implantasi.

Kata Kunci : ion, implantasi, titanium, senyawa

Abstract

This study aim to determine the effect of time on the compounds formed hardness and wear resistance on the surface of commercially pure titanium. This research was conducted with a time variation of 60, 75, 90, 105, 120 minutes with a voltage of 60 keV and a current of 100 Ma. After ion implantation process XRP testing, hardness and wear resistance are tested. From the test result, the initial hardness value of 105, 75 VHN with the optimum ion implantation process for 90 minutes increased to 170,6 VHN. While the hardness of the cross-section point closest to the surface has a hardness that is almost the same as the surface and has a decrease in hardness at the point bellow. At the initial wear test of $4,0148 \times 10^{-8}$ mm²/kg a decrease of $1,78 \times 10^{-9}$ mm²/kg. These changes occur due to the formation of TiN compounds on the surface of commercially pure titanium after ion processing has been processed.

Keywords: ion, implantation, titanium, compounds

1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Titanium adalah unsur kimia yang memiliki simbol Ti dan nomor atom 22. Titanium merupakan logam yang ringan, kuat, berkilau dan tahan korosi. Titanium dapat digunakan sebagai paduan dengan besi, aluminium, vanadium, dan molybdenum, untuk memproduksi paduan yang kuat namun ringan untuk penerbangan, militer, otomotif, agro industri, alat kedokteran, alat olahraga, perhiasan, telepon genggam, dan masih banyak aplikasi lainnya.

Bahan titanium memiliki sifat ketahanan korosi dan rasio kekuatan terhadap densitasnya yang paling tinggi di antara semua logam lain, tetapi didalam pemakaian titanium dimungkinkan bergesekan dengan bahan yang lain, apabila itu terjadi maka akan terjadi keausan atau kerusakan. Gesekan biasanya di definisikan sebagai gaya lawan (opposing force) yang terjadi bilamana dua permukaan saling bergerak relatif antara satu dengan yang lainnya, gesekan yang terjadi ini bisa menimbulkan rusak atau hilangnya partikel dari suatu material yang dinamakan dengan keausan. Keausan terjadi apabila terdapat dua buah benda saling menekan dan saling bergesekan. Keausan yang lebih besar terjadi pada bahan yang lebih lunak (Ningsih dan Kaelani, 2016).

Perlakuan permukaan merupakan upaya untuk mengubah sifat permukaan material dan tidak merubah sifat material pada bagian dalamnya. Teknik ion implantasi merupakan cara yang paling efektif dalam memodifikasi sifat permukaan tanpa merusak sifat bahan secara massal. Teknik ini dilakukan dengan cara menyisipkan ion asing (dopan) berenergi tinggi ke dalam permukaan material target pada temperatur rendah, sehingga kemungkinan timbulnya thermal stress dapat dihindari karena dapat mengakibatkan distorsi bahan. Selain itu, dimensi dari bahan tidak berubah setelah dilakukan implantasi ion (Hongxi, 2012).

Kedalaman penyisipan ion juga dapat dikendalikan dengan mengendalikan tegangan pemercepat ion terimplantasi (Sujitno, 2006). Energi maksimum ion

yang didepositkan pada material sangat dipengaruhi oleh massa ion dan massa atom sasaran sehingga akan menentukan jumlah sisipan yang akan membentuk fasa baru (Susita dkk. 1996).

1.2 Rumusan Masalah

- a) Material titanium murni komersial dalam pemakaiannya dimungkinkan bergesekan dengan material lain, sehingga menyebabkan keausan dan kerusakan pada permukaannya.
- b) Proses perlakuan permukaan dapat mengubah sifat mekanik material.
- c) Proses ion implantasi dengan menambah ion nitrogen dapat membentuk senyawa dan meningkatkan kekerasan serta mengurangi tingkat keausan pada permukaan titanium murni komersial.

1.3 Tujuan Penelitian

- a) Untuk mengetahui senyawa yang terbentuk pada permukaan titanium murni komersial setelah proses ion implantasi.
- b) Untuk mengetahui perubahan kekerasan pada permukaan titanium murni komersial sebelum dan setelah proses ion implantasi.
- c) Untuk mengetahui perubahan keausan pada permukaan titanium murni komersial sebelum dan setelah proses ion implantasi.

1.4 Batasan Masalah

- a) Mengetahui senyawa yang terbentuk pada permukaan titanium murni komersial setelah proses ion implantasi dengan variasi 60, 75, 90, 105, 120 menit dengan tegangan sebesar 60 keV dan arus sebesar 100 mA.
- b) Mengetahui kekerasan pada arah kedalaman pada titanium murni komersial setelah proses ion implantasi dengan variasi 60, 75, 90, 105, 120 menit dengan tegangan sebesar 60 keV dan arus sebesar 100 mA.
- c) Mengetahui ketahanan aus pada titanium murni komersial setelah proses ion implantasi dengan variasi 60, 75, 90, 105, 120 menit dengan tegangan sebesar 60 keV dan arus sebesar 100 mA.

1.5 Dasar Teori

Teknik Implantasi ion merupakan salah satu cara meningkatkan kualitas bahan. Dalam teknik ini bahan yang akan dilapiskan atau diimplantasikan dapat berwujud gas maupun padatan yang diionkan dalam sistim sumber ion. Ion-ion tersebut selanjutnya didorong keluar menuju tabung pemercepat melalui tegangan ekstraktor atau pendorong, di dalam tabung pemercepat ion-ion tersebut dipercepat melalui medan listrik yang terpasang, sehingga mempunyai energi tinggi yang cukup untuk mencapai material sasaran atau benda uji (Dearnaley, 1973).

Dalam prakteknya nilai dosis ion dapat diatur melalui dua cara, yaitu dengan memvariasi besarnya arus ion sedangkan waktunya dibuat tetap atau lamanya proses implantasi divariasi sedangkan arus berkas ion dibuat tetap. Secara matematis dosis ion dapat dituliskan dalam bentuk persamaan 1 (Wendk. 2007)

$$D = \frac{l.t}{e.A} \text{ ion/cm}^2 \quad (1)$$

Di mana:

l = Arus berkas ion (mA)

A = Luasan berkas (cm^2)

e = muatan keunsuran elektron ($1,602 \times 10^{-19}$ coulomb)

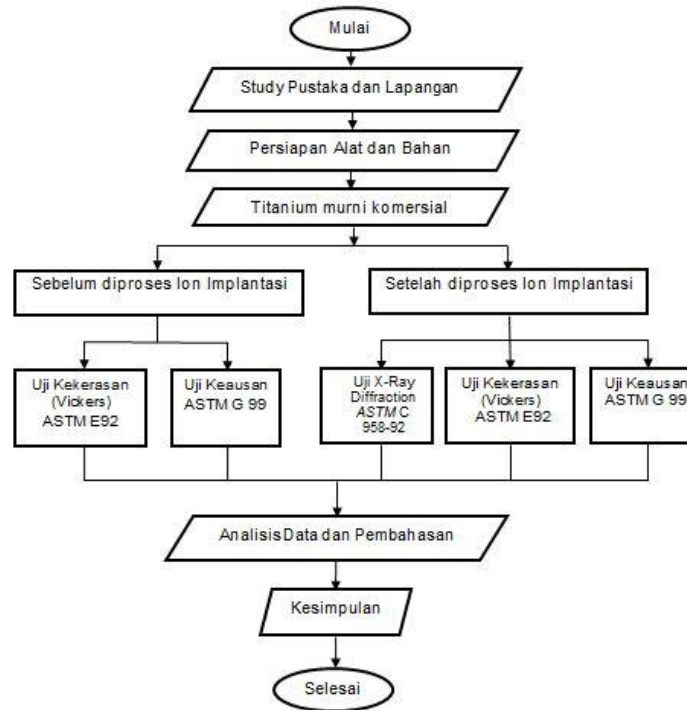
t = Lamanya proses implantasi (detik)

2. METODE

Untuk merubah sifat fisik dan mekanik titanium murni komersial maka dilakukan penelitian dengan proses Ion Implantasi. Penelitian ini menggunakan mesin Akselerator Ion dengan variasi 60, 75, 90, 105, 120 menit dengan

tegangan sebesar 60 keV dan arus sebesar 100 mA, yang dilakukan di BATAN Yogyakarta.

Penelitian ini telah dilakukan dan melalui beberapa tahapan sesuai dengan diagram alir di bawah ini:



Gambar 1. Diagram Alir Penelitian

2.1 Alat dan Bahan

Sebelum penelitian dilakukan, perlu ada persiapan alat dan bahan yang akan digunakan selama penelitian. Dalam penelitian ini menggunakan beberapa alat, yaitu:

1. Mesin CNC Milling
2. Mesin Bubut
3. Mesin Poles dan Amplas
4. Mesin Pencuci Ultrasonik



Gambar 2. Mesin Ion Implantasi

Bahan yang digunakan dalam penelitian adalah titanium murni komersial yang telah dipotong dan dihaluskan permukaannya.



Gambar 3. Material Titanium Untuk Uji X-ray Diffraction dan Kekerasan Vickers

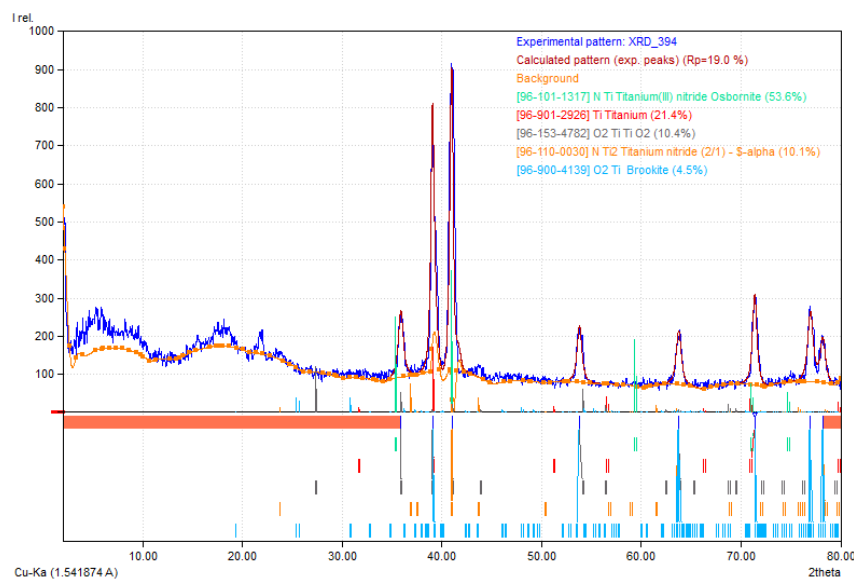


Gambar 4. Material Titanium Untuk Uji Keausan

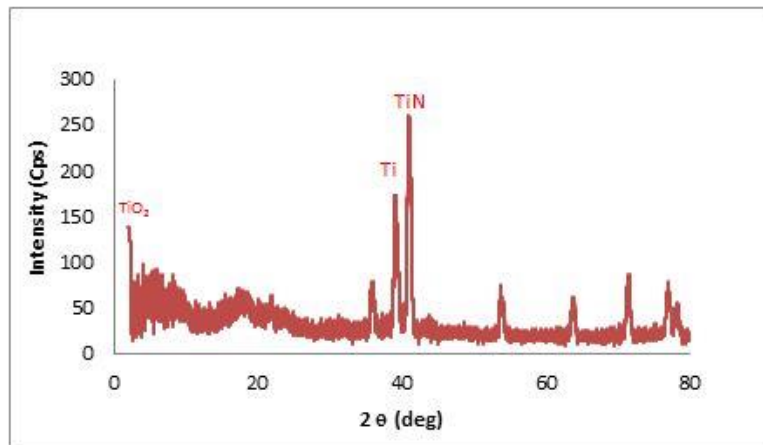
3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Hasil Uji X-ray Diffraction

Hasil pengujian x-ray diffraction yang dilakukan di Laboratorium Fakultas MIPA Universitas Negeri Yogyakarta. Pengujian x-ray diffraction dilakukan pada titanium murni komersial setelah proses ion implantasi dengan variasi waktu 90 menit. Pemilihan waktu 90 menit di dasarkan pada hasil uji kekerasan di mana 90 menit merupakan waktu yang optimum yang akan dibahas pada sub 3.2 dengan tegangan sebesar 60 keV dan arus sebesar 100 mA, di mana hasil uji kekerasan menunjukkan material yang telah dilakukan proses ion implantasi dengan variasi waktu 90 menit mempunyai hasil paling optimum. Hasil pengujian XRD ini diolah dengan menggunakan software mach3 dan disederhanakan dengan microsoft excel.



Gambar 5. Hasil Pengujian X-ray Diffraction



Gambar 6. Hubungan intensitas (cps) dengan 2θ (deg).

Dari hasil uji x-ray diffraction dapat diketahui bahwa pada permukaan titanium murni komersial setelah proses ion implantasi terbentuk titanium nitrida (TiN) sebesar 53,6 %, titanium oksida (TiO₂) sebesar 10,4 %, dan titanium murni (Ti) sebesar 21,4 %.

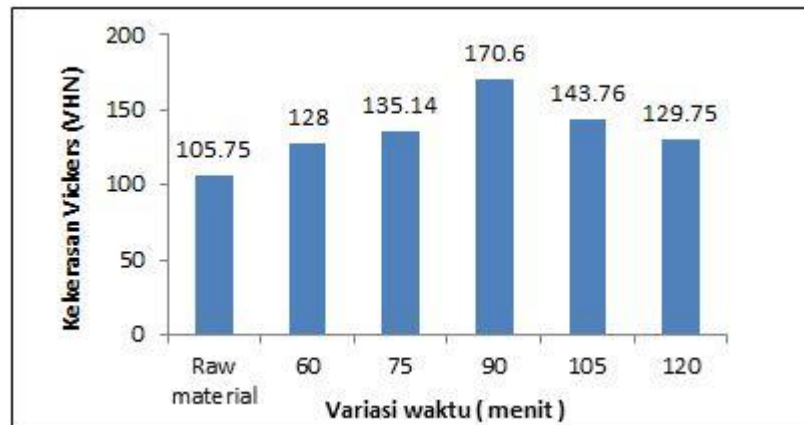
3.2 Hasil Uji Kekerasan Vickers

Pengujian kekerasan menggunakan metode vickers dengan pembebanan 10 gram dan waktu pembebanan 10 detik. Pengujian kekerasan vickers dilakukan di BATAN Yogyakarta. Nilai kekerasan pada *raw material* atau titanium murni komersial sebelum diproses ion implantasi akan dibandingkan dengan nilai kekerasan titanium murni komersial yang sudah dilakukan proses ion implantasi.

Pengujian kekerasan vickers dilakukan pada permukaan yang terkena proses ion implantasi dan pada sisi samping *cross section* untuk mengetahui kedalaman difusi dari proses ion implantasi.

Tabel 1. Pengaruh variasi waktu pada proses ion implantasi terhadap kekerasan.

N o	Variasi waktu (menit)	Tegangan (keV)	Arus (mA)	P (gf)	d ₁ (μm)	d ₂ (μm)	d (μm)	Kekerasan Vickers (VHN)	Perbandingan kekerasan sebelum dan setelah proses
1	Raw	-		10	0,3817	0,4557	0,4187	105,75	-
2	60	60	100	10	0,4105	0,3505	0,3805	128	1 : 1,210
3	75	60	100	10	0,39047	0,35031	0,37039	135,14	1 : 1,277
4	90	60	100	10	0,2971	0,3621	0,3296	170,6	1 : 1,613
5	105	60	100	10	0,35010	0,36812	0,35911	143,76	1 : 1,359
6	120	60	100	10	0,311	0,445	0,3780	129,75	1 : 1,226

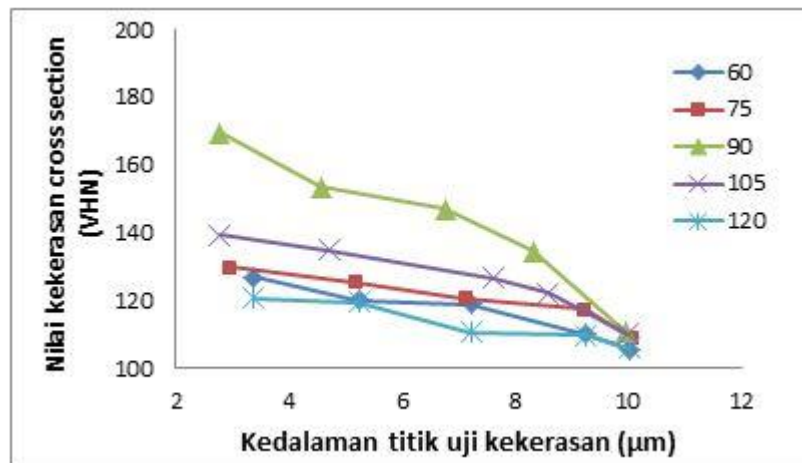


Gambar 7. Hubungan kekerasan Vickers dengan variasi waktu

Pengujian kekerasan *cross section* dilakukan pada lima titik dimulai dari titik yang paling mendekati permukaan atau sisi samping paling atas sampai menuju pertengahan sisi, sehingga mencapai kekerasan yang menyerupai kekerasan pada *raw material*.

Tabel 2. Hasil uji kekerasan cross section setelah proses ion implantasi pada setiap variasi waktu.

No	Posisi titik uji kekerasan	Kekerasan Vickers pada setiap komposisi gas N ₂ dan CH ₄ (VHN)			
		1 : 1	1 : 2	1 : 3	1 : 4
1	Titik ke 1	145,9	147,5	191,7	143,3
2	Titik ke 2	133,3	132,3	146,3	139,6
3	Titik ke 3	117,9	122,5	119,8	119,5
4	Titik ke 4	109,8	114,6	108,9	110,6
5	Titik ke 5	106,8	109,9	105,7	103,9



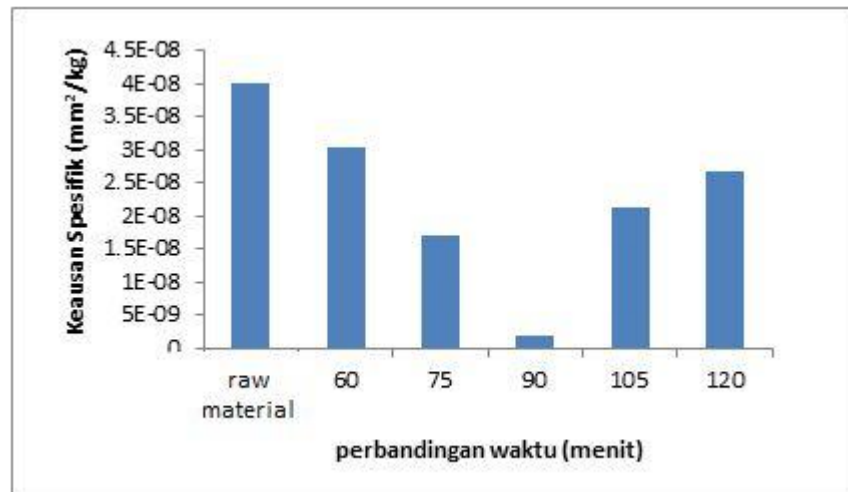
Gambar 8. Hubungan kekerasan Vickers dengan posisi titik pengujian kekerasan cross section.

3.3 Hasil Pengujian Keausan

Pengujian keausan dilakukan dengan menggunakan substrat yang sudah diuji keras, karena pada dasarnya tujuan peningkatan kekerasan permukaan adalah untuk meningkatkan lamanya waktu pemakaian.

Tabel 3. Hasil laju keausan sebelum dan sesudah ion implantasi

No.	Variasi	Hasil Keausan (mm ² /kg)
1	<i>Raw Material</i>	$4,0148 \times 10^{-8}$
2	60 menit	$3,03 \times 10^{-8}$
3	75 menit	$1,71 \times 10^{-8}$
4	90 menit	$1,78 \times 10^{-9}$
5	105 menit	$2,11 \times 10^{-8}$
6	120 menit	$2,68 \times 10^{-8}$



Gambar 9. Hubungan uji ketahanan aus sebelum dan sesudah proses ion implantasi.

4. PENUTUP

4.1 Kesimpulan

Penelitian tentang pengaruh parameter perbandingan variasi waktu 60, 75, 90, 105, 120 menit dengan tegangan sebesar 60 keV dan arus sebesar 100 mA pada proses ion implantasi terhadap kekerasan dan ketahanan aus serta senyawa yang

terbentuk pada permukaan titanium murni komersial telah dilaksanakan.

Berdasarkan analisa data dan pembahasan yang telah dilakukan maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut :

1. Senyawa yang terbentuk pada permukaan titanium murni komersial setelah proses ion implantasi adalah (TiN) sebesar 53,6 %, titanium oxide (TiO₂) sebesar 10,4 %, dan titanium murni (Ti) sebesar 21,4 %.
2. Ion implantasi dapat meningkatkan kekerasan pada permukaan titanium murni komersial. Dari variasi waktu 90 menit diperoleh kekerasan optimum dan pada kekerasan arah kedalaman, semakin dalam maka nilai kekerasannya menurun sampai menyerupai kekerasan pada raw material.
3. Ion implantasi dapat meningkatkan ketahanan aus pada permukaan titanium murni komersial. Dari variasi waktu 90 menit diperoleh ketahanan aus optimum

4.2 Saran

Pada penelitian ini, penulis menyadari bahwa masih terdapat beberapa kekurangan variasi. Oleh sebab itu, penulis memberikan saran untuk penelitian selanjutnya diharapkan menambah variasi pada proses ion implantasi. Untuk pengujian x-ray diffraction (XRD) perlu dilakukan dengan semua variasi, tidak hanya pada hasil optimum pada proses ion implantasi. Perlu ditambahkan pengujian SEM & EDS untuk mengetahui komposisi dan struktur mikro pada titanium murni komersial setelah proses ion implantasi. Uji ketahanan korosi juga perlu ditambahkan untuk mengetahui pengaruh proses ion implantasi pada titanium murni komersial terhadap ketahanan korosi.

DAFTAR PUSTAKA

Dearnaley, G., Freeman, J.H., Nelson, R.S., and Stephen, J. 1973. *Ion Implantation*. North Holland Publishing Company Inc., New York.

- Ningsih, E.K., dan Kaelani, Y. (2016). *Studi Eksperimen Dan Analisa Keausan Journal Bearing Dry Contact Pada Rotary Valve Mesin Pembuat Pasta*, Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknologi Industri, Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya
- Hongxi, L., Xu Q., Jiang, Y., Wang, C., Zhang, X., 2012, *Corrosion Resistance and Mechanical Property of AZ31 Magnesium Alloy by N/Ti duplex ion implantation*, Journal Surface & Coatings Technology, S538-S543.
- Sujitno, T. 2006 *Pemanfaatan Implator Ion 150 keV/2mA Untuk Surface Treatment*. PTAPB-BATAN, Yogyakarta.
- Susita, L. dkk. 1996. *Karakterisasi Struktur Mikro Stainless Steel Hasil Implantasi Ion Nitrogen*. PPYN-BATAN, Yogyakarta.
- Wen, F. L., Lo, Y. L., Yu, Y. C., 2007, “*Surface Modification of SKD-61 Steel by Ion Implantation Technique*”, JVST A, Vol. 25, No. 4, pp. 1137-114